

## PATENT COOPERATION TREATY

PCT

## NOTIFICATION OF ELECTION

(PCT Rule 61.2)

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

Assistant Commissioner for Patents  
 United States Patent and Trademark  
 Office  
 Box PCT  
 Washington, D.C.20231  
 ETATS-UNIS D'AMERIQUE

in its capacity as elected Office

<b>Date of mailing</b> (day/month/year) 02 August 2000 (02.08.00)	
<b>International application No.</b> PCT/EP99/07101	<b>Applicant's or agent's file reference</b> P 21466 Gf/a
<b>International filing date</b> (day/month/year) 23 September 1999 (23.09.99)	<b>Priority date</b> (day/month/year) 26 October 1998 (26.10.98)
<b>Applicant</b> WOLF, Peter et al	

1. The designated Office is hereby notified of its election made:

☒ in the demand filed with the International Preliminary Examining Authority on:

09 May 2000 (09.05.00)

☐ in a notice effecting later election filed with the International Bureau on:2. The election ☒ was☐ was not

made before the expiration of 19 months from the priority date or, where Rule 32 applies, within the time limit under Rule 32.2(b).

The International Bureau of WIPO 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland  Facsimile No.: (41-22) 740.14.35	Authorized officer  F. Baechler  Telephone No.: (41-22) 338.83.38
---	---

## PCT

## INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

(PCT Article 36 and Rule 70)

JUL 23 2001

Technology Center 2600

10.11  
09/1762210  
Translation  
26C1JUL 23 2001  
#18  
119-23  
26613  
Translation/Hello  
RECEIVED

Applicant's or agent's file reference P 21466 Gf/a	<b>FOR FURTHER ACTION</b> See Notification of Transmittal of International Preliminary Examination Report (Form PCT/IPEA/416)	
International application No. PCT/EP99/07101	International filing date (day/month/year) 23 September 1999 (23.09.99)	Priority date (day/month/year) 26 October 1998 (26.10.98)
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC H04L 1/20, 27/26		
Applicant ROHDE & SCHWARZ GMBH & CO. KG		

1. This international preliminary examination report has been prepared by this International Preliminary Examining Authority and is transmitted to the applicant according to Article 36.
2. This REPORT consists of a total of <u>7</u> sheets, including this cover sheet.  <input checked="" type="checkbox"/> This report is also accompanied by ANNEXES, i.e., sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis for this report and/or sheets containing rectifications made before this Authority (see Rule 70.16 and Section 607 of the Administrative Instructions under the PCT).  These annexes consist of a total of <u>3</u> sheets.
3. This report contains indications relating to the following items:  I <input checked="" type="checkbox"/> Basis of the report II <input type="checkbox"/> Priority III <input type="checkbox"/> Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability IV <input type="checkbox"/> Lack of unity of invention V <input checked="" type="checkbox"/> Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement VI <input type="checkbox"/> Certain documents cited VII <input checked="" type="checkbox"/> Certain defects in the international application VIII <input type="checkbox"/> Certain observations on the international application

Date of submission of the demand 09 May 2000 (09.05.00)	Date of completion of this report 05 October 2000 (05.10.2000)
Name and mailing address of the IPEA/EP	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

## INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/EP99/07101

## I. Basis of the report

1. This report has been drawn on the basis of *(Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to the report since they do not contain amendments.)*:

- ☒ the international application as originally filed.
- ☒ the description, pages 1-8, as originally filed,  
pages \_\_\_\_\_, filed with the demand,  
pages \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_,  
pages \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_.
- ☒ the claims, Nos. \_\_\_\_\_, as originally filed,  
Nos. \_\_\_\_\_, as amended under Article 19,  
Nos. \_\_\_\_\_, filed with the demand,  
Nos. 1-4, filed with the letter of 03 August 2000 (03.08.2000),  
Nos. \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_.
- ☒ the drawings, sheets/fig 1/2-2/2, as originally filed,  
sheets/fig \_\_\_\_\_, filed with the demand,  
sheets/fig \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_,  
sheets/fig \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_.

2. The amendments have resulted in the cancellation of:

- ☐ the description, pages \_\_\_\_\_
- ☐ the claims, Nos. \_\_\_\_\_
- ☐ the drawings, sheets/fig \_\_\_\_\_

3. ☐ This report has been established as if (some of) the amendments had not been made, since they have been considered to go beyond the disclosure as filed, as indicated in the Supplemental Box (Rule 70.2(c)).

4. Additional observations, if necessary:

# INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.  
PCT/EP 99/07101

## V. Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

### 1. Statement

Novelty (N)	Claims	1-4	YES
	Claims		NO
Inventive step (IS)	Claims	1-4	YES
	Claims		NO
Industrial applicability (IA)	Claims	1-4	YES
	Claims		NO

### 2. Citations and explanations

1. The present application is directed to a method for displaying the modulation error of a multicarrier signal. Claim 1 claims a method for displaying the mean modulation error  $MER_{RMS}$  of an Orthogonal Frequency Division and Multiplexing (OFDM) multicarrier signal.
2. The applicant acknowledges the **prior art** in the description (see especially page 3, first paragraph).

The disadvantage of the prior art is explained on page 3, second paragraph. Thus the method is known for calculating, with the formula on description page 2, and displaying the modulation error for each individual carrier as a numerical value. For multicarrier systems having 1000 or more carriers (for example, DAB = 1536 carriers, DVB = 1705 or 6817 carriers), this type of modulation calculation and single-carrier representation can no longer be used. If each individual carrier of the 6817 carriers of the OFDM signal, for example, were to be calculated with the formula, a relatively complicated computer would be necessary as well as

an especially large amount of storage for storing each carrier's individual summands.

3. The **problem addressed by the invention** (see page 3, third paragraph) is to show a method for easily calculating the modulation error with the least amount of computational complexity. Furthermore, a simple and clear metrological evaluation for all carriers should be possible.

- 4a. The problem addressed by the invention is solved by the advantageous interaction of the technical features given in Claim 1. The wording of the claim is:

"Method for displaying the mean modulation error  $MER_{RMS}$  of an Orthogonal Frequency Division and Multiplexing (OFDM) multicarrier signal **characterized in that**

a. for each *current* modulation symbol  $I$  of each individual carrier  $k$  of the multicarrier signal, the square  $m_k$  of the error vector is calculated with the equation

$$m_k = |\text{error vector}_k|^2,$$

b. by using the following formula, this value  $m_k$  is calculated with the capacity of a storage location, allocated to the same carrier  $k$ , of a first storage device (A2) having an equal number of storage locations as the OFDM signal carrier

$$A2_{k,I+1} = \frac{(A2_{k,I} \cdot I + m_k)}{(I + 1)} \quad (\text{iteration formula})$$

where

$A2_{k,I+1}$ : new measurand (time  $I + 1$ ) that should be filed in storage location  $k$  of storage device  $A2$ ,

$A2_{k,I}$ : previous measurand (time  $I$ ) from storage location  $k$  of storage device  $A2$ ,

$M_k$  current measured squared error for carrier  $k$ ,

$k$ : carrier number within the OFDM spectrum, increases with frequency,  $k = 0 \dots K_{\max}$ ,

$I$ : number of the symbol, increases with time,  $0 \leq I$

c. from these storage location values, the mean (percentage) modulation error  $MER_{RMS}$  for each carrier is calculated with the formula

$$MER_{RMS,k} = 100 \cdot \frac{\sqrt{A2_k}}{VM} \quad [\%]$$

$VM$  representing the weighted squared mean of the amplitude of all ideal signal states of each used modulation type of a carrier modulated with useful data,

and

d. this  $MER_{RMS}$  value is then graphically displayed as an ordinate value with the number of carriers

displayed as an abscissa.

- 4b. The method described in Claim 1 reveals advantageous effects as described on application pages 3 (last paragraph) to 4 (first paragraph).

The combination of features of Claim 1 makes it possible to *continually* calculate the mean modulation error for the individual carriers by means of a simple storage device. This method allows for extremely brief calculation times and is sufficient for a storage device having the least possible extent of storage.

5. The totality of all technical features of Claim 1 is **not** disclosed in any of the international search report documents.

The subject matter of Claim 1 therefore fulfils the criteria for novelty (PCT Article 33(1) and (2)).

The documents cited in the international search report also do **not** render obvious the subject matter of Claim 1. Therefore the requirement for inventive step is fulfilled for the subject matter claimed (PCT Article 33(1) and (3)).

The subject matter of Claim 1, among others, is industrially applicable in metrological applications in multicarrier systems, accordingly fulfilling the industrial applicability requirements of PCT Article 33(1) and (4).

6. Dependent Claims 2 to 4 specify special interpretations of the method according to Claim 1

**INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT**

International application No.

PCT/EP 99/07101

that likewise satisfy the requirements for novelty,  
inventive step, and industrial applicability (PCT  
Article 33(2) to (4)).



## VII. Certain defects in the international application

The following defects in the form or contents of the international application have been noted:

1. Contrary to PCT Rule 5.1(a)(ii), the description does not cite **D1** and **D4** or indicate the **relevant prior art** disclosed therein.  
  
**D1** FR-A-2 742 613 (FRANCE TELECOM) 20 June 1997,  
  
**D4** "HP introduces industry's first test solution for European DBV-T Services." HP PRESS RELEASES, [Online] 15 July 1998 (1998-07-15), XP002130133 Calif. Retrieved from the Internet:  
URL: [www.tm.agilent.com/tmo/press/English/PRTME600806.html](http://www.tm.agilent.com/tmo/press/English/PRTME600806.html)  
[retrieved on 2000-02-09].
2. The **description** (see page 3, penultimate paragraph) has not been brought into line with the valid claims. Accordingly, the requirements of PCT Rule 5.1(a)(iii) are not fulfilled.
3. The present description does not contain brief descriptions of the drawings (Sheets 1/2 to 2/2). Accordingly, the requirements of PCT Rule 5.1(a)(iv) are not fulfilled (see also PCT Guidelines, Chapter II-4.7).
4. The present application does not fulfil the requirements of PCT Rule 11, especially not in light of the requirements of PCT Rule 11.9(d) [character size]. Whether regarding the original documents or document WO-A-00/25471, the

## VII. Certain defects in the international application

application contains parts that are barely legible (see page 5, below; page 6) thus raising doubts about the informational content. Therefore it is suggested that the specified parts be filed as easily legible replacement pages during the national or regional phase of the proceedings.

5. The description has several typographical errors (see page 1, lines 6 and 9) that should be corrected:

- Moduationsfehler,
- Division und Multiplexing.

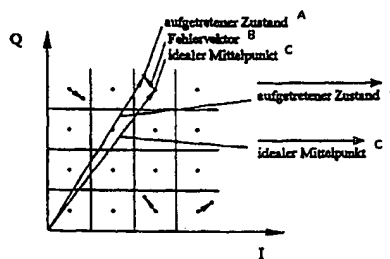
<p>(51) Internationale Patentklassifikation <sup>7</sup> :  <b>H04L 1/20, 27/26</b></p>	<p><b>A1</b></p>	<p>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: <b>WO 00/25471</b></p> <p>(43) Internationales  Veröffentlichungsdatum: 4. Mai 2000 (04.05.00)</p>
<p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP99/07101</p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum: 23. September 1999  (23.09.99)</p> <p>(30) Prioritätsdaten:  198 49 319.3      26. Oktober 1998 (26.10.98)      DE</p> <p>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): ROHDE &amp; SCHWARZ GMBH &amp; CO. KG [DE/DE]; Mühldorfstrasse 15, D-81671 München (DE).</p> <p>(72) Erfinder; und</p> <p>(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): WOLF, Peter [DE/DE]; Kolumbusstrasse 4, D-81543 München (DE). BALZ, Christoph [DE/DE]; Gerhardstrasse 29, D-81543 München (DE).</p> <p>(74) Anwalt: GRAF, Walter; Mitscherlich &amp; Partner, Sonnenstrasse 33, D-80331 München (DE).</p>		<p>(81) Bestimmungsstaaten: JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p> <p><b>Veröffentlicht</b>  <i>Mit internationalem Recherchenbericht.  Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i></p>

(54) Title: METHOD FOR DISPLAYING THE MODULATION ERROR OF A MULTIPLE CARRIER SIGNAL

**(54) Bezeichnung:** VERFAHREN ZUR ANZEIGE DES MODULATIONSFEHLERS EINES MULTITRÄGER-SIGNALS

**(57) Abstract**

The invention relates to a method for displaying the mean modulation error  $MER_{RMS}$  of a multiple carrier (OFDM) signal in which: a) The square of the error vector is calculated according to the relation (I) for each actual modulation symbol I of each individual carrier k of the multiple carrier signal; b) this value  $m_k$  is offset with the content of a storage location of a memory, said storage location being assigned to the same carrier k, which comprises the same number of storage locations as the OFDM signal carrier, according to relation (II) (iteration formula) with  $A_{2k,l+1}$ : new measured value (instant l+1) which should be filed in storage location k of the memory A2;  $A_{2k,l}$ : previous measured value (instant l) from storage location k of memory A2;  $m_k$ : Actual measured error square for carrier k; k: Carrier number within the OFDM spectrum, grows with the frequency,  $k=0 \dots K_{max}$ ; l: number of the symbol, grows with time,  $0 \leq l$ ; c) the mean modulation error  $MER_{RMS}$  is subsequently calculated for each carrier from these values of the storage locations according to relation (III), whereby  $\overline{VM}$  is the quadratically weighted mean value of the amplitude of all ideal signal states of the modulation type, used each time, of a carrier modulated with useful data, and finally, d) this  $MER_{RMS}$  value is then graphically represented with the number of the carriers as an abscissa for each individual carrier k as an ordinate value of a diagram.



A...OCCURRING STATE  
B...ERROR VECTOR  
C...IDEAL MID-POINT  
D...[Error vector  $k$ ]<sup>2</sup>

$$m_k = \{ \overset{D}{\text{Feblervektor}_k} \}^p \quad (1)$$

$$A_{2,j+1} = \frac{(A_{2,j+1} + m_j)}{(i+1)} \quad (II)$$

$$\text{MER}_{\text{KMSA}} = 100 \cdot \frac{\sqrt{A_2}}{VM} \quad [\%] \quad (\text{III})$$

### (57) Zusammenfassung

Zur Anzeige des mittleren Modulationsfehlers  $MER_{RMS}$  eines Multiträger (OFDM)-Signals wird: a) für jedes aktuelle Modulationssymbol  $l$  jedes einzelnen Trägers  $k$  des Multiträgersignals das Quadrat des Fehlervektors nach der Beziehung (I) berechnet, b) dieser Wert  $m_k$  mit dem Inhalt einer dem gleichen Träger  $k$  zugeordneten Speicherzelle eines Speichers, der genausoviel Speicherzellen wie das OFDM-Signal Träger besitzt, nach der Beziehung (II) (Iterationsformel) mit  $A2_{k,l+1}$ : neuer Meßwert (Zeitpunkt  $l+1$ ), der in Speicherzelle  $k$  des Speichers  $A2$  abgelegt werden soll,  $A2_{k,l}$ : bisheriger Meßwert (Zeitpunkt  $l$ ) aus Speicherzelle  $k$  des Speichers  $A2$ ,  $m_k$ : aktuell gemessenes Fehlerquadrat für Träger  $k$ ,  $k$ : Trägernummer innerhalb des OFDM-Spektrums, wächst mit der Frequenz,  $k=0 \dots K_{max}$ ,  $l$ : Nummer des Symbols, wächst mit der Zeit,  $0 \leq l$ , verrechnet, c) aus diesen Werten der Speicherzellen dann nach der Beziehung Formel (II) der mittlere Modulationsfehler  $MER_{RMS}$  für jeden Träger berechnet, wobei  $\overline{V_M}$  der quadratisch gewichtete Mittelwert der Amplitude aller idealen Signalzustände der jeweils verwendeten Modulationsart eines mit Nutzdaten modulierten Trägers ist, und schließlich, d) dieser  $MER_{RMS}$ -Wert dann für jeden einzelnen Träger  $k$  als Ordinatenwert eines Diagramms mit der Anzahl der Träger als Abszisse graphisch dargestellt.

# **LEDIGLICH ZUR INFORMATION**

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

### Verfahren zur Anzeige des Modulationsfehlers eines Multiträger-Signals

5

Der Modulationsfehler (Modulation Error Ratio MER) ist eine wichtige Kenngröße für die in der modernen Übertragungstechnik beispielsweise bei DAB (Digital Audio Broadcasting) bzw. DVB-T (Digital Video Broadcasting - terrestrial) benutzten OFDM (Orthogonal Frequency Devision and Multiplexing)-Multiträger-Systeme, da er die

10 mittlere bzw. maximale Abweichung der hierbei verwendeten Amplituden- und Phasenzustände (I- und Q-Werte) von den idealen Signalzuständen der verwendeten Digitalmodulation angibt und damit ein Maß für die Signalqualität darstellt. Der Modulationsfehler wird als Mittelwert und als Maximalwert angegeben. Zu seiner Berechnung werden alle Entscheidungsfelder des Modulations-Vektordiagramms

15 nacheinander untersucht. Für die Ermittlung des Maximalwertes wird in jedem Entscheidungsfeld der maximale Betrag des Differenzvektors vom idealen Signalzustand zu den aufgetretenen Signalzuständen (Fehlervektor) gesucht. Außer dem Maximum der Zwischenergebnisse wird dann der Maximalwert des Modulationsfehlers  $MER_{MAX}$  gerechnet nach der Beziehung

20

$$MER_{MAX} = 100 \cdot \frac{\max\{|\text{Fehlervektor}|\}}{VM} \quad [\%]$$

Dabei ist  $\overline{VM}$  der quadratisch gewichtete Mittelwert der Amplitude aller idealen Signalzustände eines mit Nutzdaten modulierten Trägers der jeweils verwendeten Modulationsart, der für die am häufigsten benutzten Modulationsarten wie 16QAM usw. bekannt ist bzw. einfach berechnet werden kann und als Konstante bei der

5 Berechnung eingesetzt wird.

Für den mittleren Modulationsfehler werden alle Beträge der Differenzvektoren vom idealen Zustand zum aufgetretenen Zustand quadratisch addiert und die Anzahl der Symbole gezählt. Anschließend wird der mittlere Modulationsfehler  $MER_{RMS}$  nach der

10 Beziehung

$$MER_{RMS} = 100 \cdot \frac{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_n |Fehlervektor|^2}}{\overline{VM}} \quad [\%]$$

15 berechnet.

Beide nach obigen Beziehungen in Prozent berechnete Größen lassen sich auch im logarithmischen Maßstab in dB angeben nach folgender Umrechnung:

20

$$MER_{dB} = -20 \cdot \lg\left(\frac{MER[\%]}{100}\right) \quad [dB]$$

Der Begriff Modulationsfehler und die entsprechenden Berechnungsvorschriften hierfür sind von der DVB Measurement Group im ETR 290 für DVB-C und DVB-S festgeschrieben und genormt. Fig. 1 zeigt beispielhaft die zur Berechnung des Modulationsfehlers notwendigen Vektoren im ersten Quadranten und zwar für 64QAM.

5

Es ist bekannt, jeweils für einen einzigen Träger nach den obigen Formeln den Modulationsfehler zu berechnen und als Zahlenwert anzuzeigen. Für Multiträgersysteme mit 1000 oder noch mehr einzelnen Trägern, wie dies bei DAB mit 1536 Trägern und bei DVB sogar mit 1705 bzw. 6817 Trägern der Fall ist, ist diese Art  
10 der Modulationsfehlerberechnung und Einzelträger Darstellung nicht mehr brauchbar.

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren aufzuzeigen, mit welchem der Modulationsfehler auf einfache Weise mit geringstmöglichem Rechenaufwand berechnet und außerdem so dargestellt werden kann, daß eine einfache und übersichtliche  
15 meßtechnische Auswertung für alle Träger möglich ist.

Diese Aufgabe wird für die Anzeige des mittleren Modulationsfehlers gemäß Anspruch 1 und für die Anzeige des maximalen Modulationsfehlers nach Anspruch 2 gelöst, wobei diese beiden Möglichkeiten vorzugsweise kombiniert angewendet werden, so daß  
20 einem Benutzer gleichzeitig der mittlere und der maximale Modulationsfehler in Abhängigkeit von der Frequenz angezeigt wird. Vorteilhafte Weiterbildungen ergeben sich aus den übrigen Unteransprüchen.

Gemäß der Erfindung wird durch einfache aufeinanderfolgende Rechenschritte der  
25 mittlere bzw. maximale Modulationsfehler berechnet, das Ergebnis entspricht dabei den

eingangs erwähnten Beziehungen, die aufgezeigten aufeinanderfolgenden Rechenschritte gemäß der Erfindung lösen diese Berechnung jedoch in kürzerer Rechenzeit und auch mit dazu erforderlichem geringerem Speicherumfang und können z.B. auf jedem handelsüblichen PC ausgeführt werden. Durch die Abspeicherung der einzelnen berechneten Werte in Speicherzellen eines genausoviel Zellen wie Träger aufweisenden Speichers steht das Ergebnis der Modulationsfehlerbestimmung unmittelbar in Zuordnung zu den einzelnen Trägern zur Verfügung und kann damit unmittelbar in Abhängigkeit von der Frequenz für das gesamte Multiträger-Frequenzband graphisch dargestellt werden. Damit kann ein Benutzer sofort feststellen, an welchen Stellen des Spektrums kritische Verhältnisse vorliegen und es kann somit erstmals auch ein Multiträger-System auf einfache Weise bezüglich Modulationsfehler meßtechnisch analysiert werden.

Der Modulationsfehler eines einzelnen Trägers unterliegt großen statistisch bedingten Schwankungen. Es ist daher erforderlich, daß gemäß der Erfindung zunächst eine Integration über mehrere Symbole der auf den einzelnen Trägern aufmodulierten Daten durchgeführt wird. Voraussetzung für das erfindungsgemäße Verfahren ist die Kenntnis der Signalkonstellation jedes einzelnen Trägers, wie dies für 64 QAM in Fig. 1 schematisch für einen Quadranten in der I/Q-Ebene dargestellt ist. Für jedes aktuelle Symbol wird zunächst nach der Beziehung

$$m_k = |\text{Fehlervektor}_k|^2$$



das Quadrat des Fehlervektors des aktuellen Einzelträgers  $k$  berechnet. Da hier für jeden Träger nur ein einziger Punkt der Signalkonstellation ausgewertet wird, entfällt die Summation gemäß der eingangs erwähnten allgemeinen Gleichung.

- 5 In einem zweiten Rechenschritt wird dann das Ergebnis  $m_k$  für jeden Einzelträger  $k$  separat mit dem Inhalt einer speziell für diesen Einzelträger reservierten Speicherzelle verglichen, die wiederum einem Speicher A1 zugeordnet ist. Dabei hat dieser Speicher A1 genausoviel Speicherplätze  $K_{MAX} + 1$ , wie Träger in dem OFDM-System vorhanden sind. Bei der dem aktuellen Träger  $k$  zugeordneten Speicherzelle des
- 10 Speichers A1 wird geprüft, ob der aktuelle Meßwert  $m_k$  größer ist als der in dieser Speicherzelle bereits abgespeicherte Wert. Ist der abgespeicherte Wert größer als der aktuelle Wert, bleibt der Speicherzelleninhalt unverändert. Ist der aktuelle Wert größer, wird dieser als neuer Wert in die Speicherzelle eingelesen. Auf diese Weise wird für jeden Träger der Maximalwert abgespeichert.

15

- Gleichzeitig wird das Ergebnis der  $m_k$  des aktuellen Modulationsfehlers für jeden Einzelträger separat mit dem Inhalt einer eigenen Speicherzelle des zweiten Speichers A2 verrechnet, welcher ebenfalls soviel Speicherplätze aufweist, wie Träger im OFDM-System vorhanden sind. Dabei wird der bisher in der Speicherzelle  $k$  stehende Wert  $A2_k$
- 20 mit dem aktuellen Meßwert  $m_k$  nach folgender Beziehung verrechnet:

$$A2_{k,l+1} = \frac{(A2_{k,l} \cdot l + m_k)}{(l+1)} \quad (\text{Iterationsformel})$$

mit

$A2_{k,l+1}$ : neuer Meßwert (Zeitpunkt  $l+1$ ), der in Speicherzelle  $k$  des Speichers A2 abgelegt werden soll,

25

$A2_{k,l}$ : bisheriger Meßwert (Zeitpunkt  $l$ ) aus Speicherzelle  $k$  des Speichers A2,

$m_k$ : aktuell gemessenes Fehlerquadrat für Träger  $k$ ,

*k*: Trägernummer innerhalb des OFDM-Spektrums, wächst mit der Frequenz,  $k = 0 \dots K_{\text{max}}$   
*l*: Nummer des Symbols, wächst mit der Zeit,  $0 \leq l$

Dieser Rechenschritt wird für alle Träger des Symbols wiederholt. Dann wird für das  
 5 nächste Symbol der gleiche Prozeß wiederum für alle Träger ausgeführt. So entsteht im  
 Laufe vieler Symbole im Speicher A2 ein repräsentatives Abbild des mittleren  
 Modulationsfehlers als Funktion von der Frequenz bzw. der jeweiligen Trägernummer  
 k. Diese Rechenschritte liefern exakt das gleiche Ergebnis wie die eingangs erwähnte  
 genormte Gleichung.

10

Alternativ kann der dritte Rechenschritt auch auf folgende Weise aufgeteilt werden.  
 Zunächst wird nach folgender Beziehung ein Zwischenwert berechnet:

$$A2'_{k,l+1} = A2'_{k,l} + m_k \quad (\text{Iterationsformel})$$

15

mit

$A2'_{k,l+1}$ : neuer Meßwert (Zeitpunkt  $l+1$ ), der in Speicherzelle k des Speichers A2 abgelegt werden soll,

$A2'_{k,l}$ : bisheriger Meßwert (Zeitpunkt l) aus Speicherzelle k des Speichers A2,

$m_k$ : aktuell gemessenes Fehlerquadrat für Träger k,

*k*: Trägernummer innerhalb des OFDM-Spektrums, wächst mit der Frequenz,  $k = 0 \dots K_{\text{max}}$ ,

20

*l*: Nummer des Symbols, wächst mit der Zeit,  $0 \leq l$

Wenn nun der Speicher A2' für die Darstellung des mittleren Modulationsfehlers am  
 25 Bildschirm herangezogen werden soll, muß der Inhalt jeder einzelnen Speicherzelle  
 zuvor noch durch die Anzahl der bis dahin erfaßten Symbole  $l+1$  geteilt werden, die in  
 einem eigenen Zähler ermittelt wird. Dann kann nach der Beziehung

$$A2_{k,l} = \frac{A2'_{k,l}}{l+1}$$

- wieder der Endwert  $A2$  berechnet werden. Diese Aufteilung ermöglicht einen
- 5 schnelleren Programmablauf innerhalb eines digitalen Signalprozessors.

Aus den so berechneten Werten von  $A1$  und  $A2$  kann in einem abschließenden Rechenschritt dann jeweils der eigentliche mittlere bzw. maximale Modulationsfehler nach folgender Beziehung aus der für die jeweils angewandte Modulationsart bekannten

- 10 Größe  $\overline{VM}$  berechnet werden:

$$MER_{MAX,k} = 100 \cdot \frac{\sqrt{A1_k}}{\overline{VM}} \quad [\%]$$

$$MER_{RMS,k} = 100 \cdot \frac{\sqrt{A2_k}}{\overline{VM}} \quad [\%]$$

- 15 Wenn eine Anzeige in dB gewünscht wird, kann der Prozentwert nach folgender Beziehung umgerechnet werden:

$$MER_{dB} = -20 \cdot \lg \left( \frac{MER[\%]}{100} \right) \quad [dB]$$

20

Aus dem Maximalwert in Prozent wird dadurch ein Minimalwert in dB.

Fig. 2 zeigt die Darstellung des maximalen bzw. mittleren Modulationsfehlers in einem Diagramm auf dem Bildschirm einer Anzeigeeinrichtung, die Abszisse ist mit den Nummern der einzelnen Träger des OFDM-Spektrums skaliert, beispielsweise zwischen 0 bis 6816. Auf der Ordinate ist der für jeden Träger jeweils berechnete  
5 Modulationsfehler aufgetragen. Die bei DVB-T an sich vorhandenen insgesamt 1705 bzw. 6817 Träger könnten unter Umständen zu Auflösungsschwierigkeiten bei der Darstellung führen. Nachdem eine übliches LC-Display beispielsweise nur insgesamt 320 Pixelspalten aufweist, ist es vorteilhaft, das insgesamt darzustellende Gesamtspektrum in beispielsweise nur 320 Träger umfassende Einzelbereiche  
10 aufzuteilen und diese nacheinander darzustellen oder mehrere Träger gleichzeitig in einer Spalte des Displays zusammenzufassen.

## ANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Anzeige des mittleren Modulationsfehlers  $MER_{RMS}$  eines -
- 5 Multiträger (OFDM)-Signals,
- dadurch gekennzeichnet,
- daß
- a) für jedes aktuelle Modulationssymbol  $l$  jedes einzelnen Trägers  $k$  des
- Multiträgersignals das Quadrat des Fehlervektors nach der Beziehung

10

$$m_k = |\text{Fehlervektor}_k|^2$$

- berechnet wird,
- b) dieser Wert  $m_k$  mit dem Inhalt einer dem gleichen Träger  $k$  zugeordneten
- 15 Speicherzelle eines Speichers ( $A2$ ), der genausoviel Speicherzellen wie das OFDM-Signal Träger besitzt, nach der Beziehung

$$A2_{k,l+1} = \frac{(A2_{k,l} \cdot l + m_k)}{(l+1)} \quad (\text{Iterationsformel})$$

mit

20

$A2_{k,l+1}$ : neuer Meßwert (Zeitpunkt  $l+1$ ), der in Speicherzelle  $k$  des Speichers  $A2$  abgelegt werden soll,

$A2_{k,l}$ : bisheriger Meßwert (Zeitpunkt  $l$ ) aus Speicherzelle  $k$  des Speichers  $A2$ ,

$m_k$ : aktuell gemessenes Fehlerquadrat für Träger  $k$ ,

$k$ : Trägernummer innerhalb des OFDM-Spektrums, wächst mit der Frequenz,  $k = 0 \dots K_{\text{max}}$

$l$ : Nummer des Symbols, wächst mit der Zeit,  $0 \leq l$ .

25

verrechnet wird,

c) aus diesen Werten der Speicherzellen dann nach der Beziehung

$$\text{MER}_{\text{RMS},k} = 100 \cdot \frac{\sqrt{A^2_k}}{\overline{VM}} \quad [\%]$$

5

der mittlere Modulationsfehler  $\text{MER}_{\text{RMS}}$  für jeden Träger berechnet wird, wobei  $\overline{VM}$  der quadratisch gewichtete Mittelwert der Amplitude aller idealen Signalzustände der jeweils verwendeten Modulationsart eines mit Nutzdaten modulierten Trägers ist, und

d) dieser  $\text{MER}_{\text{RMS}}$ -Wert dann für jeden einzelnen Träger  $k$  als Ordinatenwert eines  
 10 Diagramms mit der Anzahl der Träger als Abszisse graphisch dargestellt wird.

2. Verfahren zur Anzeige des maximalen Modulationsfehlers  $\text{MER}_{\text{MAX}}$  eines -  
 Multiträger (OFDM)-Signals, insbesondere in Kombination mit einem Verfahren nach  
 Anspruch 1,

15 dadurch gekennzeichnet,

daß

a) für jedes aktuelle Modulationssymbol  $I$  jedes einzelnen Trägers  $k$  des  
 Multiträgersignals das Quadrat des Fehlervektors nach der Beziehung

20  $m_k = |\text{Fehlervektor}_k|^2$

berechnet wird,

b) dieser Wert  $m_k$  mit dem Wert einer dem gleichen Träger  $k$  zugeordneten  
 Speicherzelle eines Speichers (A1), der genausoviel Speicherzellen wie das OFDM-

Signal Träger aufweist, verglichen wird, wobei der in dieser Speicherzelle abgespeicherte Wert durch den aktuellen Wert ersetzt wird, wenn der aktuelle Wert größer als der bereits abgespeicherte ist,

c) aus diesen Maximalwerten der Speicherzellen dann nach der Beziehung

5

$$\text{MER}_{\text{MAX}k} = 100 \cdot \frac{\sqrt{A I_k}}{\overline{VM}} \quad [\%]$$

der maximale Modulationsfehler  $\text{MER}_{\text{MAX}}$  für jeden Träger berechnet wird, wobei  $\overline{VM}$  der quadratisch gewichtete Mittelwert der Amplitude aller idealen Signalzustände

10 der jeweils verwendeten Modulationsart eines mit Nutzdaten modulierten Trägers ist, und

d) dieser MER-Max-Wert dann für jeden einzelnen Träger k als Ordinatenwert eines Diagramms mit der Anzahl der Träger als Abszisse graphisch dargestellt wird.

15

3. Verfahren nach Anspruch 2,

dadurch gekennzeichnet,

daß anstelle des Rechenschrittes a) nach Anspruch 2 beim Rechenschritt b) jeweils unmittelbar der maximale Fehlervektor je Speicherzelle abgespeichert wird und im Verfahrensschritt c) der Wert  $\text{REM}_{\text{MAX}}$  nach der Beziehung

20

$$\text{MER}_{\text{MAX}k} = 100 \cdot \frac{|\text{max. Fehlervektor}_k|}{\overline{VM}} \quad [\%]$$

berechnet und schließlich nach Verfahrensschritt d) graphisch dargestellt wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,

5 daß bei Verfahrensschritt b) nach Anspruch 1 zunächst nach der Beziehung

$$A2'_{k,l+1} = A2'_{k,l} + m_k \quad (\text{Iterationsformel})$$

ndt

$A2'_{k,l+1}$ : neuer Meßwert (Zeitpunkt  $l+1$ ), der in Speicherzelle  $k$  des Speichers  $A2$  abgelegt werden soll,

10  $A2'_{k,l}$ : bisheriger Meßwert (Zeitpunkt  $l$ ) aus Speicherzelle  $k$  des Speichers  $A2$ ,

$m_k$ : aktuell gemessenes Fehlerquadrat für Träger  $k$ ,

$k$ : Trägernummer innerhalb des OFDM-Spektrums, wächst mit der Frequenz,  $k = 0 \dots K_{\text{max}}$

$l$ : Nummer des Symbols, wächst mit der Zeit,  $0 \leq l$

15 ein Zwischenwert berechnet wird und dieser Zwischenwert  $A2'$  vor der Anzeige nach  
Verfahrensschritt d) durch die in einem gesonderten Zähler gezählte Anzahl der  
erfaßten Symbole gemäß der Beziehung

$$A2_{k,l} = \frac{A2'_{k,l}}{l+1}$$

20

geteilt wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,

25 daß die zunächst in Prozent ermittelten Werte für  $MER_{\text{RMS}}$  und/oder  $MER_{\text{MAX}}$  vor ihrer  
frequenzabhängigen graphischen Darstellung in die Einheit dB nach der Beziehung



$$\text{MER}_{\text{dB}} = -20 \cdot \lg\left(\frac{\text{MER}[\%]}{100}\right) \quad [\text{dB}]$$

umgerechnet werden.

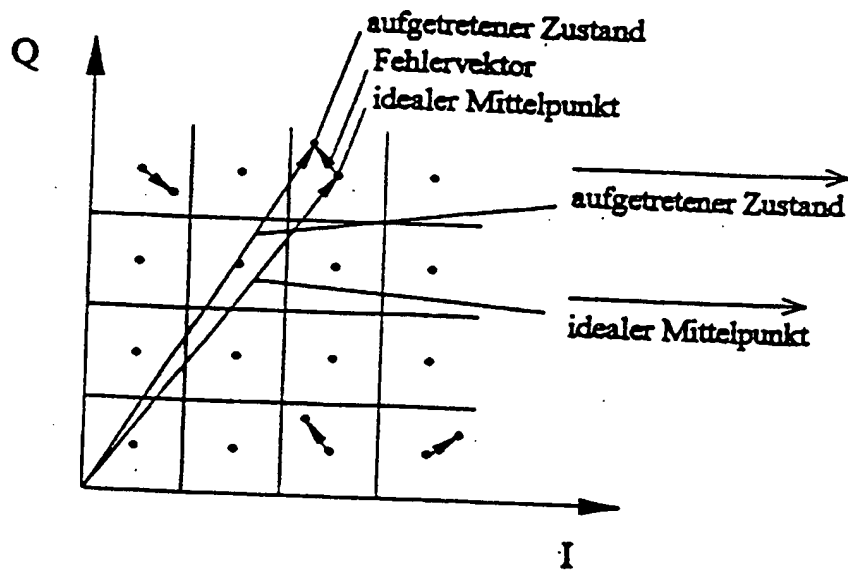


Fig. 1

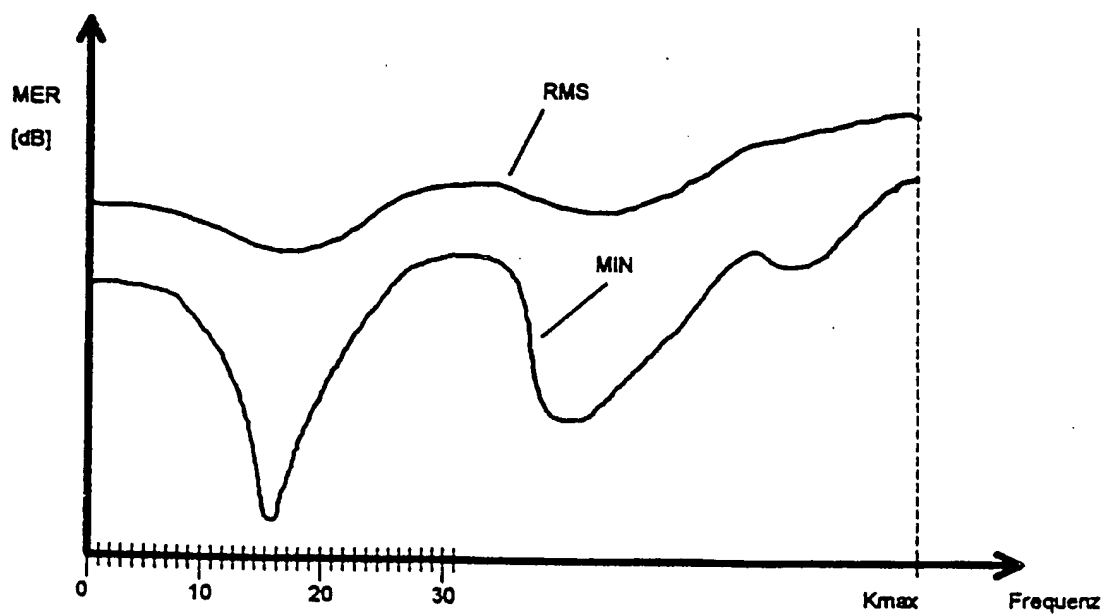
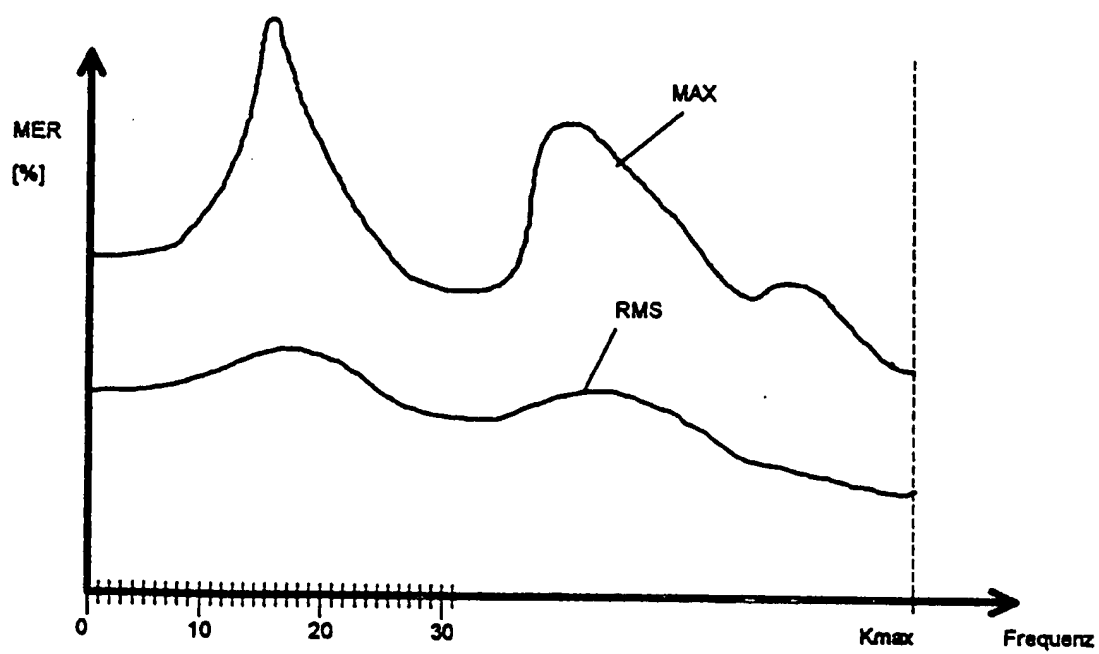


Fig. 2



PCT

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
Internationales BüroINTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)(51) Internationale Patentklassifikation <sup>7</sup> :

H04L 1/20, 27/26

A1

(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 00/25471

(43) Internationales  
Veröffentlichungsdatum:

4. Mai 2000 (04.05.00)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP99/07101

(22) Internationales Anmeldedatum: 23. September 1999  
(23.09.99)(30) Prioritätsdaten:  
198 49 319.3 26. Oktober 1998 (26.10.98) DE(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): ROHDE &  
SCHWARZ GMBH & CO. KG [DE/DE]; Mühlendorfstrasse  
15, D-81671 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): WOLF, Peter [DE/DE];  
Kolumbusstrasse 4, D-81543 München (DE). BALZ,  
Christoph [DE/DE]; Gerhardstrasse 29, D-81543 München  
(DE).(74) Anwalt: GRAF, Walter, Mitscherlich & Partner, Sonnenstrasse  
33, D-80331 München (DE).(81) Bestimmungsstaaten: JP, US, europäisches Patent (AT, BE,  
CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC,  
NL, PT, SE).

Veröffentlicht

Mit internationalem Recherchenbericht.

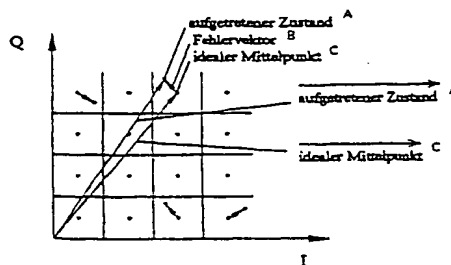
Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen  
Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen  
eintreffen.

(54) Title: METHOD FOR DISPLAYING THE MODULATION ERROR OF A MULTIPLE CARRIER SIGNAL

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR ANZEIGE DES MODULATIONSFEHLERS EINES MULTITRÄGER-SIGNALS

(57) Abstract

The invention relates to a method for displaying the mean modulation error  $MER_{RMS}$  of a multiple carrier (OFDM) signal in which: a) The square of the error vector is calculated according to the relation (I) for each actual modulation symbol  $l$  of each individual carrier  $k$  of the multiple carrier signal; b) this value  $m_k$  is offset with the content of a storage location of a memory, said storage location being assigned to the same carrier  $k$ , which comprises the same number of storage locations as the OFDM signal carrier, according to relation (II) (iteration formula) with  $A2_{k,l+1}$ : new measured value (instant  $l+1$ ) which should be filed in storage location  $k$  of the memory  $A2$ ;  $A2_{k,l}$ : previous measured value (instant  $l$ ) from storage location  $k$  of memory  $A2$ ;  $m_k$ : Actual measured error square for carrier  $k$ ;  $k$ : Carrier number within the OFDM spectrum, grows with the frequency,  $k=0 \dots K_{max}$ ;  $l$ : number of the symbol, grows with time,  $0 \leq l$ ; c) the mean modulation error  $MER_{RMS}$  is subsequently calculated for each carrier from these values of the storage locations according to relation (III), whereby  $VM$  is the quadratically weighted mean value of the amplitude of all ideal signal states of the modulation type, used each time, of a carrier modulated with useful data, and finally, d) this  $MER_{RMS}$  value is then graphically represented with the number of the carriers as an abscissa for each individual carrier  $k$  as an ordinate value of a diagram.



A...OCCURRING STATE  
B...ERROR VECTOR  
C...IDEAL MID-POINT  
D...[Error vector] $k^2$

$$m_k = |\text{Fehlervektor}_k|^2 \quad (I)$$

$$A2_{k,l+1} = \frac{(A2_{k,l} + m_k)}{(l+1)} \quad (II)$$

$$MER_{RMS} = 100 \cdot \frac{\sqrt{A2}}{VM} \quad [\%] \quad (III)$$

(57) Zusammenfassung

Zur Anzeige des mittleren Modulationsfehlers  $MER_{RMS}$  eines Multiträger (OFDM)-Signals wird: a) für jedes aktuelle Modulationssymbol  $l$  jedes einzelnen Trägers  $k$  des Multiträgersignals das Quadrat des Fehlervektors nach der Beziehung (I) berechnet, b) dieser Wert  $m_k$  mit dem Inhalt einer dem gleichen Träger  $k$  zugeordneten Speicherzelle eines Speichers, der genausoviel Speicherzellen wie das OFDM-Signal Träger besitzt, nach der Beziehung (II) (Iterationsformel) mit  $A2_{k,l+1}$ : neuer Meßwert (Zeitpunkt  $l+1$ ), der in Speicherzelle  $k$  des Speichers  $A2$  abgelegt werden soll,  $A2_{k,l}$ : bisheriger Meßwert (Zeitpunkt  $l$ ) aus Speicherzelle  $k$  des Speichers  $A2$ ,  $m_k$ : aktuell gemessenes Fehlerquadrat für Träger  $k$ ,  $k$ : Trägernummer innerhalb des OFDM-Spektrums, wächst mit der Frequenz,  $k=0 \dots K_{max}$ ,  $l$ : Nummer des Symbols, wächst mit der Zeit,  $0 \leq l$ , verrechnet, c) aus diesen Werten der Speicherzellen dann nach der Beziehung Formel (III) der mittlere Modulationsfehler  $MER_{RMS}$  für jeden Träger berechnet, wobei  $VM$  der quadratisch gewichtete Mittelwert der Amplitude aller idealen Signalzustände der jeweils verwendeten Modulationsart eines mit Nutzdaten modulierten Trägers ist, und schließlich, d) dieser  $MER_{RMS}$ -Wert dann für jeden einzelnen Träger  $k$  als Ordinatenwert eines Diagramms mit der Anzahl der Träger als Abszisse graphisch dargestellt.

Verfahren zur Anzeige des Modulationsfehlers eines Multiträger-Signals

5

Der Modulationsfehler (Modulation Error Ratio MER) ist eine wichtige Kenngröße für die in der modernen Übertragungstechnik beispielsweise bei DAB (Digital Audio Broadcasting) bzw. DVB-T (Digital Video Broadcasting - terrestrial) benutzten OFDM (Orthogonal Frequency Devision and Multiplexing)-Multiträger-Systeme, da er die  
10 mittlere bzw. maximale Abweichung der hierbei verwendeten Amplituden- und Phasenzustände (I- und Q-Werte) von den idealen Signalzuständen der verwendeten Digitalmodulation angibt und damit ein Maß für die Signalqualität darstellt. Der Modulationsfehler wird als Mittelwert und als Maximalwert angegeben. Zu seiner Berechnung werden alle Entscheidungsfelder des Modulations-Vektordiagramms  
15 nacheinander untersucht. Für die Ermittlung des Maximalwertes wird in jedem Entscheidungsfeld der maximale Betrag des Differenzvektors vom idealen Signalzustand zu den aufgetretenen Signalzuständen (Fehlervektor) gesucht. Außer dem Maximum der Zwischenergebnisse wird dann der Maximalwert des Modulationsfehlers  $MER_{MAX}$  gerechnet nach der Beziehung

20

$$MER_{MAX} = 100 \cdot \frac{\max\{|\text{Fehlervektor}|\}}{\overline{VM}} \quad [\%]$$

Dabei ist  $\overline{VM}$  der quadratisch gewichtete Mittelwert der Amplitude aller idealen  
25 Signalzustände eines mit Nutzdaten modulierten Trägers der jeweils verwendeten Modulationsart, der für die am häufigsten benutzten Modulationsarten wie 16QAM usw. bekannt ist bzw. einfach berechnet werden kann und als Konstante bei der Berechnung eingesetzt wird.

30 Für den mittleren Modulationsfehler werden alle Beträge der Differenzvektoren vom idealen Zustand zum aufgetretenen Zustand quadratisch addiert und die Anzahl der

Symbole gezählt. Anschließend wird der mittlere Modulationsfehler  $MER_{RMS}$  nach der Beziehung

$$MER_{RMS} = 100 \cdot \frac{\sqrt{\frac{1}{n} \sum |Fehlervektor|^2}}{VM} \quad [\%]$$

5

berechnet.

Beide nach obigen Beziehungen in Prozent berechnete Größen lassen sich auch im logarithmischen Maßstab in dB angeben nach folgender Umrechnung:

10

$$MER_{dB} = -20 \cdot \lg\left(\frac{MER[\%]}{100}\right) \quad [dB]$$

15 Der Begriff Modulationsfehler und die entsprechenden Berechnungsvorschriften hierfür sind von der DVB Measurement Group im ETR 290 für DVB-C und DVB-S festgeschrieben und genormt. Fig. 1 zeigt beispielhaft die zur Berechnung des Modulationsfehlers notwendigen Vektoren im ersten Quadranten und zwar für 64QAM.

20 Es ist bekannt, jeweils für einen einzigen Träger nach den obigen Formeln den Modulationsfehler zu berechnen und als Zahlenwert anzuzeigen. Für Multiträgersysteme mit 1000 oder noch mehr einzelnen Trägern, wie dies bei DAB mit 1536 Trägern und bei DVB sogar mit 1705 bzw. 6817 Trägern der Fall ist, ist diese Art der Modulationsfehlerberechnung und Einzelträger Darstellung nicht mehr brauchbar.

25

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren aufzuzeigen, mit welchem der Modulationsfehler auf einfache Weise mit geringstmöglichem Rechenaufwand berechnet und außerdem so dargestellt werden kann, daß eine einfache und übersichtliche meßtechnische Auswertung für alle Träger möglich ist.

30

Diese Aufgabe wird für die Anzeige des mittleren Modulationsfehlers gemäß Anspruch 1 und für die Anzeige des maximalen Modulationsfehlers nach Anspruch 2 gelöst, wobei diese beiden Möglichkeiten vorzugsweise kombiniert angewendet werden, so daß einem Benutzer gleichzeitig der mittlere und der maximale Modulationsfehler in  
5 Abhängigkeit von der Frequenz angezeigt wird. Vorteilhafte Weiterbildungen ergeben sich aus den übrigen Unteransprüchen.

Gemäß der Erfindung wird durch einfache aufeinanderfolgende Rechenschritte der mittlere bzw. maximale Modulationsfehler berechnet, das Ergebnis entspricht dabei den  
10 eingangs erwähnten Beziehungen, die aufgezeigten aufeinanderfolgenden Rechenschritte gemäß der Erfindung lösen diese Berechnung jedoch in kürzerer Rechenzeit und auch mit dazu erforderlichem geringerem Speicherumfang und können z.B. auf jedem handelsüblichen PC ausgeführt werden. Durch die Abspeicherung der einzelnen berechneten Werte in Speicherzellen eines genausoviel Zellen wie Träger aufweisenden  
15 Speichers steht das Ergebnis der Modulationsfehlerbestimmung unmittelbar in Zuordnung zu den einzelnen Trägern zur Verfügung und kann damit unmittelbar in Abhängigkeit von der Frequenz für das gesamte Multiträger-Frequenzband graphisch dargestellt werden. Damit kann ein Benutzer sofort feststellen, an welchen Stellen des Spektrums kritische Verhältnisse vorliegen und es kann somit erstmals auch ein  
20 Multiträger-System auf einfache Weise bezüglich Modulationsfehler meßtechnisch analysiert werden.

Der Modulationsfehler eines einzelnen Trägers unterliegt großen statistisch bedingten Schwankungen. Es ist daher erforderlich, daß gemäß der Erfindung zunächst eine  
25 Integration über mehrere Symbole der auf den einzelnen Trägern aufmodulierten Daten durchgeführt wird. Voraussetzung für das erfindungsgemäße Verfahren ist die Kenntnis der Signalkonstellation jedes einzelnen Trägers, wie dies für 64 QAM in Fig. 1 schematisch für einen Quadranten in der I/Q-Ebene dargestellt ist. Für jedes aktuelle Symbol wird zunächst nach der Beziehung

30

$$m_k = |\text{Fehlervektor}_k|^2$$

das Quadrat des Fehlervektors des aktuellen Einzelträgers  $k$  berechnet. Da hier für jeden Träger nur ein einziger Punkt der Signalkonstellation ausgewertet wird, entfällt die Summation gemäß der eingangs erwähnten allgemeinen Gleichung.

5

In einem zweiten Rechenschritt wird dann das Ergebnis  $m_k$  für jeden Einzelträger  $k$  separat mit dem Inhalt einer speziell für diesen Einzelträger reservierten Speicherzelle verglichen, die wiederum einem Speicher A1 zugeordnet ist. Dabei hat dieser Speicher A1 genausoviel Speicherplätze  $K_{\text{MAX}} + 1$ , wie Träger in dem OFDM-System vorhanden sind. Bei der dem aktuellen Träger  $k$  zugeordneten Speicherzelle des Speichers A1 wird geprüft, ob der aktuelle Meßwert  $m_k$  größer ist als der in dieser Speicherzelle bereits abgespeicherte Wert. Ist der abgespeicherte Wert größer als der aktuelle Wert, bleibt der Speicherzelleninhalt unverändert. Ist der aktuelle Wert größer, wird dieser als neuer Wert in die Speicherzelle eingelesen. Auf diese Weise wird für jeden Träger der

15 Maximalwert abgespeichert.

Gleichzeitig wird das Ergebnis der  $m_k$  des aktuellen Modulationsfehlers für jeden Einzelträger separat mit dem Inhalt einer eigenen Speicherzelle des zweiten Speichers A2 verrechnet, welcher ebenfalls soviel Speicherplätze aufweist, wie Träger im OFDM-System vorhanden sind. Dabei wird der bisher in der Speicherzelle  $k$  stehende Wert  $A2_k$  mit dem aktuellen Meßwert  $m_k$  nach folgender Beziehung verrechnet:

20

$$A2_{k,l+1} = \frac{(A2_{k,l} \cdot l + m_k)}{(l+1)} \quad (\text{Iterationsformel})$$

mit

25  $A2_{k,l+1}$ : neuer Meßwert (Zeitpunkt  $l+1$ ), der in Speicherzelle  $k$  des Speichers A2 abgelegt werden soll,

$A2_{k,l}$ : bisheriger Meßwert (Zeitpunkt  $l$ ) aus Speicherzelle  $k$  des Speichers A2,

$m_k$ : aktuell gemessenes Fehlerquadrat für Träger  $k$ ,

$k$ : Trägernummer innerhalb des OFDM-Spektrums, wächst mit der Frequenz,  $k$

30  $= 0 \dots K_{\text{max}}$ ,

$l$ : Nummer des Symbols, wächst mit der Zeit,  $0 \leq l$ .



Dieser Rechenschritt wird für alle Träger des Symbols wiederholt. Dann wird für das nächste Symbol der gleiche Prozeß wiederum für alle Träger ausgeführt. So entsteht im Laufe vieler Symbole im Speicher A2 ein repräsentatives Abbild des mittleren Modulationsfehlers als Funktion von der Frequenz bzw. der jeweiligen Trägernummer k. Diese Rechenschritte liefern exakt das gleiche Ergebnis wie die eingangs erwähnte genormte Gleichung.

Alternativ kann der dritte Rechenschritt auch auf folgende Weise aufgeteilt werden. Zunächst wird nach folgender Beziehung ein Zwischenwert berechnet:

$$A2'_{k,l+1} = A2'_{k,l} + m_k \quad (\text{Iterationsformel})$$

mit

$A2'_{k,l+1}$ : neuer Meßwert (Zeitpunkt  $l+1$ ), der in Speicherzelle k des Speichers A2 abgelegt werden soll,

$A2'_{k,l}$ : bisheriger Meßwert (Zeitpunkt l) aus Speicherzelle k des Speichers A2,

$m_k$ : aktuell gemessenes Fehlerquadrat für Träger k,

k: Trägernummer innerhalb des OFDM-Spektrums, wächst mit der Frequenz,  $k = 0 \dots K_{\max}$ ,

l: Nummer des Symbols, wächst mit der Zeit,  $0 \leq l$ .

Wenn nun der Speicher A2' für die Darstellung des mittleren Modulationsfehlers am Bildschirm herangezogen werden soll, muß der Inhalt jeder einzelnen Speicherzelle zuvor noch durch die Anzahl der bis dahin erfaßten Symbole  $l+1$  geteilt werden, die in einem eigenen Zähler ermittelt wird. Dann kann nach der Beziehung

$$A2_{k,l} = \frac{A2'_{k,l}}{l+1}$$

wieder der Endwert A2 berechnet werden. Diese Aufteilung ermöglicht einen schnelleren Programmablauf innerhalb eines digitalen Signalprozessors.

Aus den so berechneten Werten von  $A1$  und  $A2$  kann in einem abschließenden Rechenschritt dann jeweils der eigentliche mittlere bzw. maximale Modulationsfehler nach folgender Beziehung aus der für die jeweils angewandte Modulationsart bekannten

- 5 Größe  $\overline{VM}$  berechnet werden:

$$MER_{MAX,k} = 100 \cdot \frac{\sqrt{A1_k}}{\overline{VM}} \quad [\%]$$

$$MER_{RMS,k} = 100 \cdot \frac{\sqrt{A2_k}}{\overline{VM}} \quad [\%]$$

- 10 Wenn eine Anzeige in dB gewünscht wird, kann der Prozentwert nach folgender Beziehung umgerechnet werden:

$$MER_{dB} = -20 \cdot \lg\left(\frac{MER[\%]}{100}\right) \quad [dB]$$

15

Aus dem Maximalwert in Prozent wird dadurch ein Minimalwert in dB.

- Fig. 2 zeigt die Darstellung des maximalen bzw. mittleren Modulationsfehlers in einem Diagramm auf dem Bildschirm einer Anzeigeeinrichtung, die Abszisse ist mit den  
 20 Nummern der einzelnen Träger des OFDM-Spektrums skaliert, beispielsweise zwischen 0 bis 6816. Auf der Ordinate ist der für jeden Träger jeweils berechnete Modulationsfehler aufgetragen. Die bei DVB-T an sich vorhandenen insgesamt 1705 bzw. 6817 Träger könnten unter Umständen zu Auflösungsschwierigkeiten bei der Darstellung führen. Nachdem eine übliches LC-Display beispielsweise nur insgesamt  
 25 320 Pixelspalten aufweist, ist es vorteilhaft, das insgesamt darzustellende Gesamtspektrum in beispielsweise nur 320 Träger umfassende Einzelbereiche aufzuteilen und diese nacheinander darzustellen oder mehrere Träger gleichzeitig in einer Spalte des Displays zusammenzufassen.

ANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Anzeige des mittleren Modulationsfehlers  $MER_{RMS}$  eines -  
 5 Multiträger (OFDM)-Signals,  
 dadurch gekennzeichnet,  
 daß

a) für jedes aktuelle Modulationssymbol  $l$  jedes einzelnen Trägers  $k$  des  
 Multiträgersignals das Quadrat des Fehlervektors nach der Beziehung  
 10

$$m_k = |\text{Fehlervektor}_k|^2$$

berechnet wird,

b) dieser Wert  $m_k$  mit dem Inhalt einer dem gleichen Träger  $k$  zugeordneten  
 15 Speicherzelle eines Speichers (A2), der genausoviel Speicherzellen wie das OFDM-  
 Signal Träger besitzt, nach der Beziehung

$$A2_{k,l+1} = \frac{(A2_{k,l} \cdot l + m_k)}{(l+1)} \quad (\text{Iterationsformel})$$

mit

20  $A2_{k,l+1}$ : neuer Meßwert (Zeitpunkt  $l+1$ ), der in Speicherzelle  $k$  des Speichers  
 A2 abgelegt werden soll,

$A2_{k,l}$ : bisheriger Meßwert (Zeitpunkt  $l$ ) aus Speicherzelle  $k$  des Speichers A2,

$m_k$ : aktuell gemessenes Fehlerquadrat für Träger  $k$ ,

$k$ : Trägernummer innerhalb des OFDM-Spektrums, wächst mit der Frequenz,  $k$

25  $= 0 \dots K_{\max}$ ,

$l$ : Nummer des Symbols, wächst mit der Zeit,  $0 \leq l$ ,

verrechnet wird,

c) aus diesen Werten der Speicherzellen dann nach der Beziehung

$$\text{MER}_{\text{RMS},k} = 100 \cdot \frac{\sqrt{A2_k}}{\text{VM}} \quad [\%]$$

5

der mittlere Modulationsfehler  $\text{MER}_{\text{RMS}}$  für jeden Träger berechnet wird, wobei  $\text{VM}$  der quadratisch gewichtete Mittelwert der Amplitude aller idealen Signalzustände der jeweils verwendeten Modulationsart eines mit Nutzdaten modulierten Trägers ist, und

d) dieser  $\text{MER}_{\text{RMS}}$ -Wert dann für jeden einzelnen Träger  $k$  als Ordinatenwert eines  
10 Diagramms mit der Anzahl der Träger als Abszisse graphisch dargestellt wird.

2. Verfahren zur Anzeige des maximalen Modulationsfehlers  $\text{MER}_{\text{MAX}}$  eines -  
Multiträger (OFDM)-Signals, insbesondere in Kombination mit einem Verfahren nach  
Anspruch 1,

15 **dadurch gekennzeichnet,**  
daß

a) für jedes aktuelle Modulationssymbol  $I$  jedes einzelnen Trägers  $k$  des  
Multiträgersignals das Quadrat des Fehlervektors nach der Beziehung

20  $m_k = |\text{Fehlervektor}_k|^2$

berechnet wird,

b) dieser Wert  $m_k$  mit dem Wert einer dem gleichen Träger  $k$  zugeordneten  
Speicherzelle eines Speichers ( $A1$ ), der genausoviel Speicherzellen wie das OFDM-  
25 Signal Träger aufweist, verglichen wird, wobei der in dieser Speicherzelle  
abgespeicherte Wert durch den aktuellen Wert ersetzt wird, wenn der aktuelle Wert  
größer als der bereits abgespeicherte ist,

c) aus diesen Maximalwerten der Speicherzellen dann nach der Beziehung

30  $\text{MER}_{\text{MAX},k} = 100 \cdot \frac{\sqrt{A1_k}}{\text{VM}} \quad [\%]$

der maximale Modulationsfehler  $MER_{MAX}$  für jeden Träger berechnet wird, wobei  $\overline{VM}$  der quadratisch gewichtete Mittelwert der Amplitude aller idealen Signalzustände der jeweils verwendeten Modulationsart eines mit Nutzdaten modulierten Trägers ist,  
 5 und

d) dieser MER-Max-Wert dann für jeden einzelnen Träger  $k$  als Ordinatenwert eines Diagramms mit der Anzahl der Träger als Abszisse graphisch dargestellt wird.

### 3. Verfahren nach Anspruch 2,

10 dadurch gekennzeichnet,

daß anstelle des Rechenschrittes a) nach Anspruch 2 beim Rechenschritt b) jeweils unmittelbar der maximale Fehlervektor je Speicherzelle abgespeichert wird und im Verfahrensschritt c) der Wert  $REM_{MAX}$  nach der Beziehung

$$15 \quad MER_{MAX,k} = 100 \cdot \frac{|\max. Fehlervektor_k|}{\overline{VM}} \quad [\%]$$

berechnet und schließlich nach Verfahrensschritt d) graphisch dargestellt wird.

20 4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

daß bei Verfahrensschritt b) nach Anspruch 1 zunächst nach der Beziehung

$$A2'_{k,l+1} = A2'_{k,l} + m_k \quad (\text{Iterationsformel})$$

25 mit

$A2'_{k,l+1}$ : neuer Meßwert (Zeitpunkt  $l+1$ ), der in Speicherzelle  $k$  des Speichers  $A2$  abgelegt werden soll,

$A2'_{k,l}$ : bisheriger Meßwert (Zeitpunkt  $l$ ) aus Speicherzelle  $k$  des Speichers  $A2$ ,

$m_k$ : aktuell gemessenes Fehlerquadrat für Träger  $k$ ,

30  $k$ : Trägernummer innerhalb des OFDM-Spektrums, wächst mit der Frequenz,  $k = 0 \dots K_{max}$ ,

10  
l: Nummer des Symbols, wächst mit der Zeit,  $0 \leq l$ .

ein Zwischenwert berechnet wird und dieser Zwischenwert  $A2'$  vor der Anzeige nach  
Verfahrensschritt d) durch die in einem gesonderten Zähler gezählte Anzahl der  
5 erfaßten Symbole gemäß der Beziehung

$$A2_{k,l} = \frac{A2'_{k,l}}{l+1}$$

geteilt wird.

10

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
daß die zunächst in Prozent ermittelten Werte für  $MER_{RMS}$  und/oder  $MER_{MAX}$  vor ihrer  
frequenzabhängigen graphischen Darstellung in die Einheit dB nach der Beziehung

15

$$MER_{dB} = -20 \cdot \lg\left(\frac{MER[\%]}{100}\right) \quad [dB]$$

umgerechnet werden.

1/2

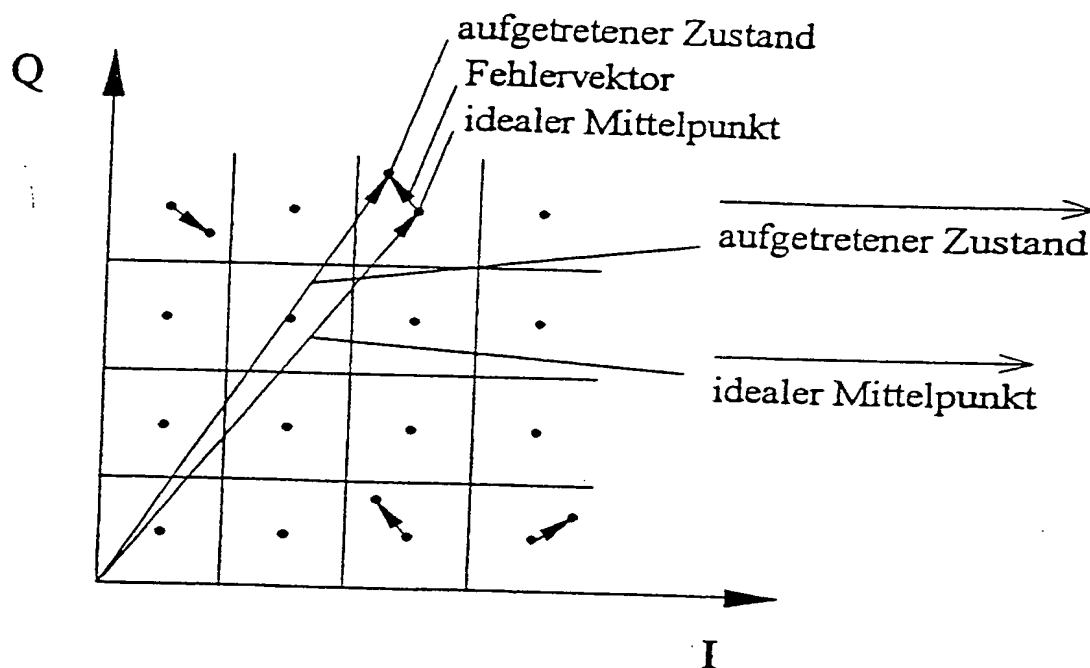


Fig. 1

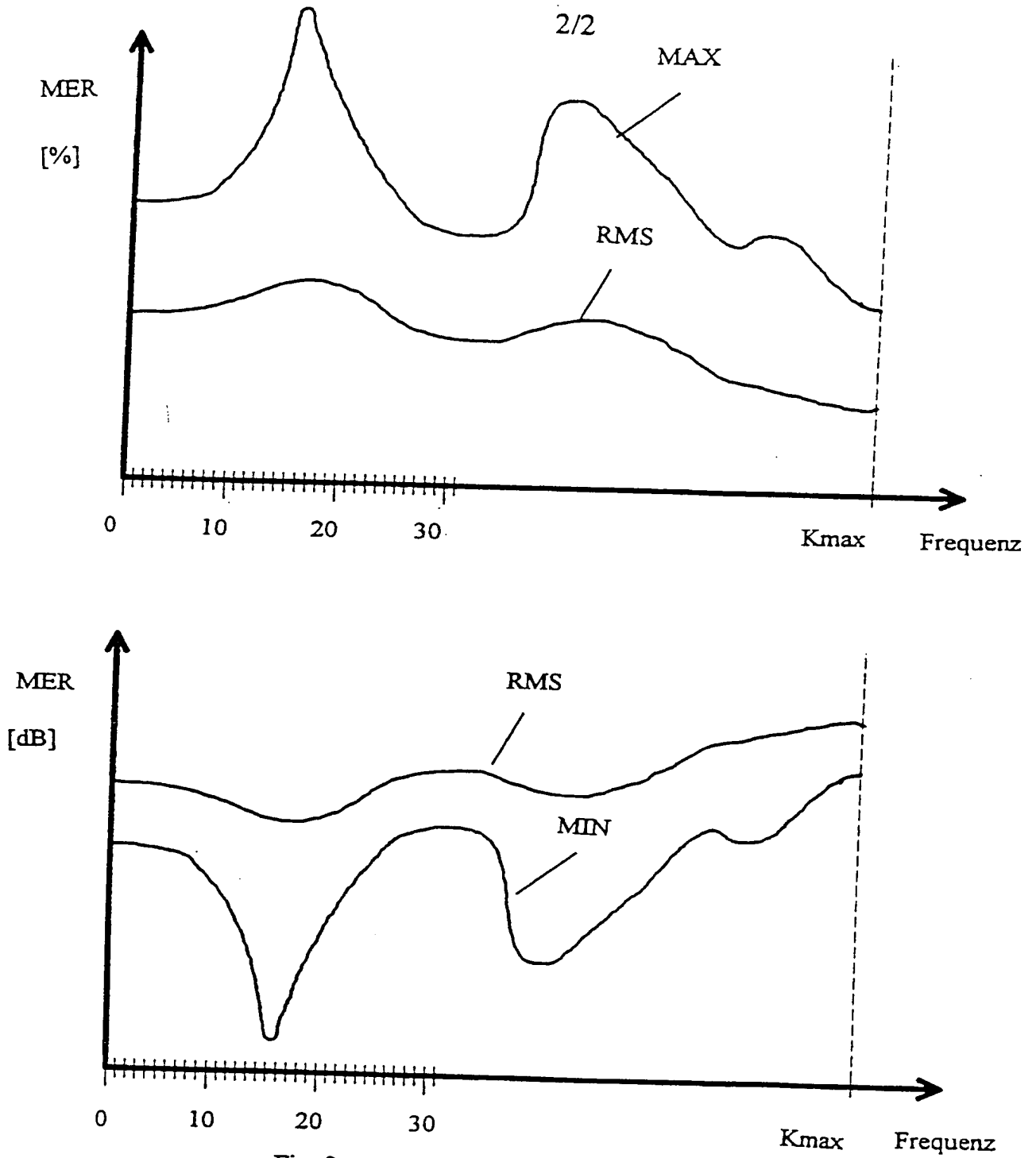


Fig. 2



# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Abzeichen

PCT/EP 99/07101

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 H04L1/20 H04L27/26

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 H04L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	FR 2 742 613 A (FRANCE TELECOM) 20. Juni 1997 (1997-06-20) Seite 4, Zeile 15 -Seite 5, Zeile 20 Abbildung 1	1-5
A	US 5 799 038 A (NAKADA JUICHI ET AL) 25. August 1998 (1998-08-25) Spalte 13 Spalte 14, Zeile 44 - Zeile 46	1-5
A	US 5 153 527 A (YAGUCHI TATSUYA) 6. Oktober 1992 (1992-10-06) Spalte 5, Zeile 22 - Zeile 27 Spalte 5, Zeile 65 -Spalte 6, Zeile 15 Spalte 7, Zeile 10 - Zeile 17 Spalte 8, Zeile 10 - Zeile 15 Spalte 8, Zeile 30 - Zeile 35 Abbildung 2	1-5

-/-

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"Z" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche

10. Februar 2000

Abmeldedatum des Internationalen Recherchenberichts

23/02/2000

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3018

Bevollmächtigter Bediensteter

MARTINEZ MARTINEZ, V

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 99/07101

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>"HP introduces industry's first test solution for european DBV-T Services."</p> <p>HP PRESS RELEASES, 'Online!</p> <p>15. Juli 1998 (1998-07-15), XP002130133</p> <p>Calif.</p> <p>Retrieved from the Internet:</p> <p>&lt;URL:www.tm.agilent.com/tmo/press/English/PRTME600806.html&gt;</p> <p>'retrieved on 2000-02-09!</p> <p>das ganze Dokument</p>	1-5

# INTERNATIONALEN RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 99/07101

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
FR 2742613	A	20-06-1997	KEINE		
US 5799038	A	25-08-1998	JP	9298572 A	18-11-1997
			JP	9307479 A	28-11-1997
			JP	9307525 A	28-11-1997
			JP	10022873 A	23-01-1998
			EP	0805573 A	05-11-1997
US 5153527	A	06-10-1992	JP	3173228 A	26-07-1991

# VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

## PCT

REC'D 09 OCT 2000

WIPO

PCT

### INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT



(Artikel 36 und Regel 70 PCT)

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts P 21466/WO/Gf/ay	<b>WEITERES VORGEHEN</b> siehe Mitteilung über die Übersendung des internationalen vorläufigen Prüfungsbericht (Formblatt PCT/IPEA/416)	
Internationales Aktenzeichen PCT/EP99/07101	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 23/09/1999	Prioritätsdatum (Tag/Monat/Tag) 26/10/1998
Internationale Patentklassifikation (IPK) oder nationale Klassifikation und IPK H04L1/20		
Anmelder ROHDE & SCHWARZ GMBH & CO. KG et al.		

- Dieser internationale vorläufige Prüfungsbericht wurde von der mit der internationale vorläufigen Prüfung beauftragte Behörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 36 übermittelt.
- Dieser BERICHT umfaßt insgesamt 7 Blätter einschließlich dieses Deckblatts.  
  
☒ Außerdem liegen dem Bericht ANLAGEN bei; dabei handelt es sich um Blätter mit Beschreibungen, Ansprüchen und/oder Zeichnungen, die geändert wurden und diesem Bericht zugrunde liegen, und/oder Blätter mit vor dieser Behörde vorgenommenen Berichtigungen (siehe Regel 70.16 und Abschnitt 607 der Verwaltungsrichtlinien zum PCT).  
  
 Diese Anlagen umfassen insgesamt 3 Blätter.

3. Dieser Bericht enthält Angaben zu folgenden Punkten:

- I ☒ Grundlage des Berichts
- II ☐ Priorität
- III ☐ Keine Erstellung eines Gutachtens über Neuheit, erfinderische Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit
- IV ☐ Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung
- V ☒ Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderische Tätigkeit und der gewerbliche Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung
- VI ☐ Bestimmte angeführte Unterlagen
- VII ☒ Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung
- VIII ☐ Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung

Datum der Einreichung des Antrags  09/05/2000	Datum der Fertigstellung dieses Berichts  05.10.2000
Name und Postanschrift der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde:   Europäisches Patentamt D-80298 München Tel. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d Fax: +49 89 2399 - 4465	Bevollmächtigter Bediensteter  Keller, M  Tel. Nr. +49 89 2399 8807 

# INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/EP99/07101

## I. Grundlage des Berichts

1. Dieser Bericht wurde erstellt auf der Grundlage (*Ersatzblätter, die dem Anmeldeamt auf eine Aufforderung nach Artikel 14 hin vorgelegt wurden, gelten im Rahmen dieses Berichts als "ursprünglich eingereicht" und sind ihm nicht beigelegt, weil sie keine Änderungen enthalten.*):

### Beschreibung, Seiten:

1-8                      ursprüngliche Fassung

### Patentansprüche, Nr.:

1-4                      eingegangen am                      02/08/2000    mit Schreiben vom    03/08/2000

### Zeichnungen, Blätter:

1/2,2/2                      ursprüngliche Fassung

2. Aufgrund der Änderungen sind folgende Unterlagen fortgefallen:

- ☐ Beschreibung,              Seiten:
- ☐ Ansprüche,                Nr.:
- ☐ Zeichnungen,            Blatt:

3. ☐ Dieser Bericht ist ohne Berücksichtigung (von einigen) der Änderungen erstellt worden, da diese aus den angegebenen Gründen nach Auffassung der Behörde über den Offenbarungsgehalt in der ursprünglich eingereichten Fassung hinausgehen (Regel 70.2(c)):

4. Etwaige zusätzliche Bemerkungen:

## V. Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung

### 1. Feststellung

Neuheit (N)	Ja: Ansprüche	1-4
	Nein: Ansprüche	
Erfinderische Tätigkeit (ET)	Ja: Ansprüche	1-4
	Nein: Ansprüche	
Gewerbliche Anwendbarkeit (GA)	Ja: Ansprüche	1-4
	Nein: Ansprüche	

2. Unterlagen und Erklärungen

**siehe Beiblatt**

**VII. Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung**

Es wurde festgestellt, daß die internationale Anmeldung nach Form oder Inhalt folgende Mängel aufweist:

**siehe Beiblatt**

**Zu SEKTION V:**

- 1). Die internationale Anmeldung PCT/EP99/07101 ist auf ein Verfahren zur Anzeige des Modulationsfehlers eines Multiträger-Signals gerichtet. Der Anspruch 1 beansprucht ein Verfahren zur Anzeige des mittleren Modulationsfehlers  $MER_{RMS}$  eines Orthogonal Frequency Division and Multiplexing (OFDM)-Multiträger-Signals.
- 2). Der **Stand der Technik** wird von der Anmelderin in der Beschreibung (siehe insbesondere Seite 3, erster Absatz) gewürdigt.  
Der Nachteil im Stand der Technik wird auf Seite 3, zweiter Absatz, erläutert. So ist bekannt jeweils für einen einzigen Träger nach den auf Seite 2 der Beschreibung genannten Formeln den Modulationsfehler zu berechnen und als Zahlenwert anzuzeigen. Für Multiträgersysteme mit 1000 und mehr Trägern (z.B. DAB = 1536 Träger, DVB = 1705 bzw. 6817 Träger) ist diese Art der Modulationsberechnung und Einzelträger-Darstellung nicht mehr brauchbar. Würde man jeden einzelnen der beispielsweise 6817 Träger des OFDM-Signals nach den Formeln berechnen, dann wäre ein relativ aufwendiger Rechner und vor allem ein großer Speicher zur Speicherung der einzelnen Summanden für die jeweiligen Träger notwendig.
- 3). Die **Aufgabe der Erfindung** (vgl. Seite 3, dritter Absatz) ist es, ein Verfahren aufzuzeigen, mit welchem der Modulationsfehler auf eine einfache Weise mit geringstmöglichem Rechenaufwand berechnet werden kann. Außerdem soll eine einfache und übersichtliche meßtechnische Auswertung für alle Träger möglich sein.
- 4a). Die Aufgabe der Erfindung wird durch das vorteilhafte Zusammenwirken der im Anspruch 1 genannten technischen Merkmalen gelöst. Der Anspruchswortlaut ist:  
Verfahren zur Anzeige des mittleren Modulationsfehlers  $MER_{RMS}$  eines Orthogonal Frequency Division and Multiplexing (OFDM)-Multiträger-Signals  
**dadurch gekennzeichnet, daß**
  - a) für jedes *aktuelle* Modulationssymbol I jedes einzelnen Trägers k des Multiträgersignals das Quadrat  $m_k$  des Fehlervektors nach der Beziehung  
$$m_k = |\text{Fehlervektor}_k|^2$$
berechnet wird,

- b) dieser Wert  $m_k$  mit dem Inhalt einer dem gleichen Träger  $k$  zugeordneten Speicherzelle eines ersten Speichers ( $A2$ ), der genauso viele Speicherzellen wie das OFDM-Signal Träger besitzt, nach der Beziehung

$$A2_{k,l+1} = \frac{(A2_{k,l} \cdot l + m_k)}{(l + 1)} \quad (\text{Iterationsformel})$$

mit

$A2_{k,l+1}$  : neuer Meßwert (Zeitpunkt  $l + 1$ ), der in Speicherzelle  $k$  des Speichers  $A2$  abgelegt werden soll,

$A2_{k,l}$  : bisheriger Meßwert (Zeitpunkt  $l$ ) aus Speicherzelle  $k$  des Speichers  $A2$ ,

$m_k$  : aktuell gemessenes Fehlerquadrat für Träger  $k$

$k$  : Trägernummer innerhalb des OFDM-Spektrums, wächst mit der Frequenz,  $k = 0 \dots K_{\max}$

$l$  : Nummer des Symbols, wächst mit der Zeit,  $0 \leq l$

verrechnet wird,

- c) aus diesen Werten der Speicherzellen dann nach der Beziehung

$$MER_{RMS,k} = 100 \cdot \frac{\sqrt{A2_k}}{VM} \quad [\%]$$

der mittlere (prozentuale) Modulationsfehler  $MER_{RMS}$  für jeden Träger berechnet wird, wobei  $VM$  der quadratisch gewichtete Mittelwert der Amplitude aller idealen Signalzustände der jeweils verwendeten Modulationsart eines mit Nutzdaten modulierten Trägers ist ,

und

- d) dieser  $MER_{RMS}$  - Wert dann für jeden einzelnen Träger  $k$  als Ordinatenwert eines Diagramms mit der Anzahl der Träger als Abszisse graphisch dargestellt wird.



- 4b). Das im Anspruch 1 beschriebene Verfahren entfaltet vorteilhafte Wirkungen, wie auf Seite 3 (letzter Absatz) bis Seite 4 (erster Absatz) der Beschreibung erläutert.

Es ist durch die Merkmalskombination des Anspruchs 1 möglich mittels eines einfachen Speichers *fortlaufend* für die einzelnen Träger den mittleren Modulationsfehler zu berechnen. Dieses Verfahren erlaubt extrem kurze Rechenzeiten und kommt mit einem Speicher von geringstmöglichem Speicherumfang aus.

- 5). Die Gesamtheit aller technischen Merkmale des Anspruchs 1 wird durch **kein** Dokument des internationalen Recherchenberichts alleine offenbart. Der Gegenstand des Anspruchs 1 erfüllt somit das Kriterium der Neuheit (Art. 33 (1) und (2) PCT).  
Die im internationalen Recherchenbericht genannten Dokumente legen den Gegenstand des Anspruchs 1 auch **nicht** nahe. Somit sind die Anforderungen hinsichtlich einer erfinderischen Tätigkeit des beanspruchten Gegenstandes erfüllt (Artikel 33 (1) und (3) PCT).  
Gewerblich anwendbar ist der Gegenstand des Anspruchs 1 u.a. für meßtechnische Anwendungen in Multiträgersystemen. Folglich sind die Bedingungen des Artikels 33 (1) und (4) PCT hinsichtlich der gewerblichen Anwendbarkeit erfüllt.
- 6). Die abhängigen Ansprüche 2 bis 4 definieren spezielle Auslegungen des Verfahrens gemäß Anspruch 1, welche gleichfalls den Anforderungen hinsichtlich Neuheit, erfinderischer Tätigkeit und gewerblicher Anwendbarkeit genügen (Art. 33 (2) bis (4) PCT).

**Zu Sektion VII:**

- 1). Die Dokumente **D1** und **D4** wurden in der Beschreibung nicht angegeben; auch der darin enthaltene **einschlägige Stand der Technik** wurde nicht kurz umrissen. Die Erfordernisse der Regel 5.1 (a)(ii) PCT sind somit nicht erfüllt worden.  
**D1** = FR-A-2 742 613 (FRANCE TELECOM) 20. Juni 1997  
**D4** = "HP introduces industry's first test solution for european DBV-T Services." HP PRESS RELEASES, [Online] 15. Juli 1998 (1998-07-15), XP002130133 Calif. Retrieved from the Internet:  
<URL:www.tm.agilent.com/tmo/press/English/ PRTME600806.html>  
[retrieved on 2000-02-09]
- 2). Die **Beschreibung** (vgl. Seite 3, vorletzter Absatz) wurde nicht an die gültigen Ansprüche angepaßt. Die Erfordernisse der Regel 5.1 (a)(iii) PCT sind folglich nicht erfüllt.
- 3). Die Beschreibung der internationalen Anmeldung enthält keine kurzen Erläuterungen der Zeichnungen (Blätter 1 /2-2/2). Somit ist das Erfordernis der Regel 5.1 (a)(iv) PCT nicht erfüllt (vgl. auch PCT-Gazette, Section IV, II-4.7).
- 4). Die vorliegende Anmeldung erfüllt nicht die Erfordernisse der Regel 11 PCT, insbesondere nicht mit Blick auf die Erfordernisse in Regel 11.9 (d) PCT [Größe der Schrift]. Egal ob mit Blick auf die ursprünglichen Unterlagen oder auf die Publikationsschrift WO-A-00/25471, enthält die Anmeldung Teile, welche kaum lesbar sind (vgl. Seite 5, unten; Seite 6), und daher Zweifel hinsichtlich des Informationsinhalts aufwerfen. Daher wird vorgeschlagen, während der nationalen oder regionalen Patentierungsphase, die vorgenannten Teile als gut lesbare Ersatzseiten einzureichen.
- 5). Die Beschreibung enthält einige Tippfehler (siehe Seite 1, Zeilen 6 und 9), die korrigiert werden sollten.
  - **M**odulationsfehler,
  - **D**ivision and Multiplexing

ANSPRÜCHE

- 5            1. Verfahren zur Anzeige des mittleren Modulationsfehlers  $MER_{RMS}$  eines -  
 Orthogonal Frequency Division and Multiplexing (OFDM)-Multiträger-Signals,  
 dadurch gekennzeichnet,  
 daß  
 a) für jedes aktuelle Modulationssymbol I jedes einzelnen Trägers k des  
 10 Multiträgersignals das Quadrat  $m_k$  des Fehlervektors nach der Beziehung

$$m_k = |\text{Fehlervektor}_k|^2$$

berechnet wird,

- 15 b) dieser Wert  $m_k$  mit dem Inhalt einer dem gleichen Träger k zugeordneten  
 Speicherzelle eines ersten Speichers (A2), der genausoviel Speicherzellen wie das  
 OFDM-Signal Träger besitzt, nach der Beziehung

$$A2_{k,l+1} = \frac{(A2_{k,l} \cdot l + m_k)}{(l+1)}$$

- 20 mit

$A2_{k,l+1}$ : neuer Meßwert (Zeitpunkt  $l+1$ ), der in Speicherzelle k des Speichers  
 A2 abgelegt werden soll,

$A2_{k,l}$ : bisheriger Meßwert (Zeitpunkt l) aus Speicherzelle k des Speichers A2,

$m_k$ : aktuell gemessenes Fehlerquadrat für Träger k,

- 25 k: Trägernummer innerhalb des OFDM-Spektrums, wächst mit der Frequenz, k  
 $= 0 \dots K_{max}$ ,

l: Nummer des Symbols, wächst mit der Zeit,  $0 \leq l$  ,

verrechnet wird,

c) aus diesen Werten der Speicherzellen dann nach der Beziehung

$$\text{MER}_{\text{RMS},k} = 100 \cdot \frac{\sqrt{A2_k}}{\overline{\text{VM}}} \quad [\%]$$

5

der mittlere Modulationsfehler  $\text{MER}_{\text{RMS}}$  für jeden Träger berechnet wird, wobei  $\overline{\text{VM}}$  der quadratisch gewichtete Mittelwert der Amplitude aller idealen Signalzustände der jeweils verwendeten Modulationsart eines mit Nutzdaten modulierten Trägers ist, und

d) dieser  $\text{MER}_{\text{RMS}}$ -Wert dann für jeden einzelnen Träger  $k$  als Ordinatenwert eines  
10 Diagramms mit der Anzahl der Träger als Abszisse graphisch dargestellt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

daß zur Anzeige des maximalen Modulationsfehlers  $\text{MER}_{\text{MAX}}$  der nach Rechenschritt a) berechnete Wert  $m_k$  mit dem Wert einer dem gleichen Träger  $k$  zugeordneten Speicherzelle eines zweiten Speichers (A1), der genausoviel Speicherzellen wie das OFDM-Signal Träger aufweist, verglichen wird, wobei der in dieser Speicherzelle abgespeicherte Wert durch den aktuellen Wert ersetzt wird, wenn der aktuelle Wert größer als der bereits abgespeicherte ist,

20 e) aus diesen Maximalwerten der Speicherzellen dann nach der Beziehung

$$\text{MER}_{\text{MAX},k} = 100 \cdot \frac{\sqrt{A1_k}}{\overline{\text{VM}}} \quad [\%]$$

der maximale Modulationsfehler  $\text{MER}_{\text{MAX}}$  für jeden Träger berechnet wird, wobei  
25  $\overline{\text{VM}}$  der quadratisch gewichtete Mittelwert der Amplitude aller idealen Signalzustände der jeweils verwendeten Modulationsart eines mit Nutzdaten modulierten Trägers ist, und

f) dieser MER-Max-Wert dann für jeden einzelnen Träger  $k$  als Ordinatenwert eines Diagramms mit der Anzahl der Träger als Abszisse graphisch dargestellt wird.

30

3. Verfahren nach Anspruch 1,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß bei Verfahrensschritt b) nach Anspruch 1 zunächst nach der Beziehung

$$A2'_{k,l+1} = A2'_{k,l} + m_k$$

5 mit

$A2'_{k,l+1}$ : neuer Meßwert (Zeitpunkt  $l+1$ ), der in Speicherzelle  $k$  des Speichers  $A2$  abgelegt werden soll,

$A2'_{k,l}$ : bisheriger Meßwert (Zeitpunkt  $l$ ) aus Speicherzelle  $k$  des Speichers  $A2$ ,

$m_k$ : aktuell gemessenes Fehlerquadrat für Träger  $k$ ,

10  $k$ : Trägernummer innerhalb des OFDM-Spektrums, wächst mit der Frequenz,  $k = 0 \dots K_{\max}$ ,

$l$ : Nummer des Symbols, wächst mit der Zeit,  $0 \leq l$ .

ein Zwischenwert berechnet wird und dieser Zwischenwert  $A2'$  vor der Anzeige nach

15 Verfahrensschritt d) durch die in einem gesonderten Zähler gezählte Anzahl der erfaßten Symbole gemäß der Beziehung

$$A2_{k,l} = \frac{A2'_{k,l}}{l+1}$$

20 geteilt wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß die zunächst in Prozent ermittelten Werte für  $MER_{RMS}$  und/oder  $MER_{MAX}$  vor ihrer

25 frequenzabhängigen graphischen Darstellung in die Einheit dB nach der Beziehung

$$MER_{dB} = -20 \cdot \lg \left( \frac{MER[\%]}{100} \right) \quad [dB]$$

umgerechnet werden.

REPLACED BY  
ART 34 AMDT

Claims

1. Process for displaying the mean modulation error  
ratio  $MER_{RMS}$  multiplexing multicarrier signal (OFDM),  
5 characterised in that

a) for each current modulation symbol  $I$  of each  
individual carrier  $k$  of the multicarrier signal, the  
square of the error vector is calculated in accordance  
10 with the equation

$$m_k = |\text{error vector}_k|^2$$

b) this value  $m_k$  is set off against the contents of a  
15 memory location of a memory ( $A2$ ) associated with the same  
carrier  $k$ , which memory has as many memory locations as  
the OFDM signal has carriers, in accordance with the  
equation

20 
$$A2_{k,1+1} = \frac{(A2_{k,1} \times 1 + m_k)}{(1+1)} \quad (\text{iteration formula})$$

where

25  $A2_{k,1+1}$  is the new measured value (instant  $1+1$ ) which  
is to be stored in memory location  $k$  of the memory  
 $A2$ ,

30  $A2_{k,1}$  is the previous measured value (instant 1)  
from memory location  $k$  of the memory  $A2$ ,

$m_k$  is the current measured error square for carrier  
 $k$ ,

35  $k$  is the carrier number within the OFDM spectrum,  
increases with the frequency,  $k = 0 \dots K_{\max}$ ,

1 is the number of the symbol, increases with time,  
 $0 \leq l$ ,

c) the mean modulation error  $MER_{RMS}$  is then calculated  
 5 for each carrier from these values of the memory  
 locations in accordance with the equation

$$MER_{RMS,k} = 100 \cdot \frac{\sqrt{A2_k}}{VM} \quad [\%]$$

10 where  $\overline{VM}$  is the square weighted mean value of the  
 amplitudes of all ideal signal statuses of the type of  
 modulation used in each case of a carrier modulated with  
 user data, and

15 d) this  $MER_{RMS}$  value is then illustrated on a graph for  
 each individual carrier  $k$  as ordinate value of a graph  
 with the number of carriers as abscissa.

2. Process for displaying the maximum modulation error  
 20 ratio  $MER_{MAX}$  of a multicarrier (OFDM) signal, in  
 particular in combination with a process according to  
 claim 1, characterised in that

a) for each current modulation symbol  $I$  of each  
 25 individual carrier  $k$  of the multicarrier signal, the  
 square of the error vector is calculated in accordance  
 with the equation

$$m_k = |\text{error vector}_k|^2$$

30

b) this value  $m_k$  is compared with the value of a memory  
 location of a memory (A1) associated with the same  
 carrier  $k$ , which memory has as many memory locations as  
 the OFDM signal has carriers, the value stored in this  
 35 memory location being replaced by the current value if

the current value is greater than the already stored value,

- c) the maximum modulation error  $MER_{MAX}$  for each carrier  
 5 is then calculated from these maximum values of the memory locations in accordance with the equation

$$MER_{MAX,k} = 100 \cdot \frac{\sqrt{A1_k}}{VM} \quad [\%]$$

- 10 where  $\overline{VM}$  is the square weighted mean value of the amplitudes of all ideal signal statuses of the type of modulation used in each case of a carrier modulated with user data, and

- 15 d) this  $MER_{MAX}$  value is then illustrated on a graph for each individual carrier  $k$  as ordinate value of a graph with the number of carriers as abscissa.

3. Process according to claim 2,  
 20 characterised in that instead of calculation stage a) according to claim 2, the maximum error vector is stored directly in each case for each memory location in process stage b) and the value  $REM_{MAX}$  is calculated in process stage c) in accordance  
 25 with the equation

$$MER_{MAX,k} = 100 \cdot |\text{max. error vector}_k| \quad [\%]$$

- 30 and is finally illustrated on a graph in accordance with process stage d).

4. Process according to any of the preceding claims,  
 35 characterised in that



in process stage b) according to claim 1 an intermediate value is initially calculated in accordance with the equation

$$5 \quad A2'_{k,1+1} = A2'_{k,1} + m_k \quad (\text{iteration formula})$$

where

10  $A2'_{k,1+1}$  is the new measured value (instant 1+1) which is to be stored in memory location k of the memory A2,

15  $A2'_{k,1}$  is the previous measured value (instant 1) from memory location k of the memory A2,

$m_k$  is the current measured error square for carrier k,

20 k is the carrier number within the OFDM spectrum, increases with the frequency,  $k = 0 \dots K_{\max}$ ,

l is the number of the symbol, increases with time,  $0 \leq l$ .

25 and this intermediate value  $A2'$  is divided prior to display according to process stage d) by the number of detected symbols which have been counted in a separate counter in accordance with the equation

$$30 \quad A2_{k,1} = \frac{A2'_{k,1}}{1+1}$$

5. Process according to one of the preceding claims, characterised in that

the values initially determined in per cent for  $MER_{RMS}$  and/or  $MER_{MAX}$  are converted prior to their frequency-dependent graphic illustration into the unit dB in accordance with the equation

5

$$MER_{db} = -20.1g \left( \frac{MER [\%]}{100} \right) \quad [dB].$$